

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03167412 A**

(43) Date of publication of application: **19.07.91**

(51) Int. Cl

G01B 11/24
G01B 21/20

(21) Application number: **01307283**

(71) Applicant: **TAISEI CORP**

(22) Date of filing: **27.11.89**

(72) Inventor: **NISHIZAWA SHUICHI**
KANZAKI TADASHI

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR
THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT**

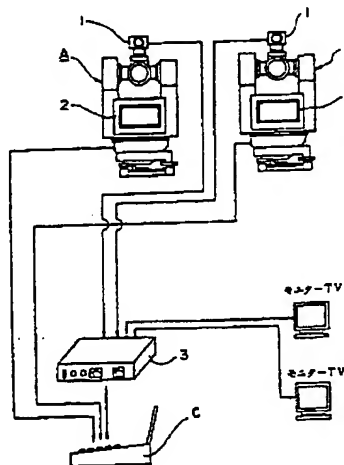
response to the angle components from the center of the image and computed.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

PURPOSE: To make it possible to perform accurate three-dimensional recognition by photographing an object to be measured by using theodolites having two TV cameras, and obtaining the three-dimensional position or shape of the object to be measured based on the photographed image data.

CONSTITUTION: In a theodolite A having a TV camera, the TV camera 1 is provided at the upper part of the theodolite 2. In this constitution, the optical axis of the camera 1 and the collimation line of the theodolite 2 are in parallel. The image data through the camera 1 are inputted into a computer C through an A/D converter device 3. Since the theodolite has a digital function, the data measured with the theodolite 2 (the horizontal angle and the vertical angle at the center of the image) are directly inputted into the computer C. The horizontal angle and the vertical angle in the theodolite A which is provided at a reference point have been already measured with the theodolite 2 and inputted into the computer C. At this time, the horizontal angle and the vertical angle to the measuring points of the corresponding right and left images are corrected in



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-167412

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)7月19日

G 01 B 11/24
21/20

1 0 1 C
Z

8304-2F
7907-2F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑮ 発明の名称 三次元測定方法と装置

⑯ 特 願 平1-307283

⑰ 出 願 平1(1989)11月27日

⑱ 発 明 者 西 沢 修 一 東京都新宿区西新宿1丁目25番1号 大成建設株式会社内
⑲ 発 明 者 神 崎 正 東京都新宿区西新宿1丁目25番1号 大成建設株式会社内
⑳ 出 願 人 大成建設株式会社 東京都新宿区西新宿1丁目25番1号
㉑ 代 理 人 弁理士 磯野 道造 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

三次元測定方法と装置

2. 特許請求の範囲

(1) 測定対象となる地形ないし物体のほぼ中心点を、テレビカメラ付セオドライトの2台を用いてそれぞれ撮影するとともに、得られたそれぞれの画像情報をディジタル化して電算機へ入力し、入力されたメモリー上の前記画像データを探査点、探査線および探査面からなる三角探査点網の探索モデルを用いて段階的に探索し、測定対象の画像輪郭部の特徴抽出を行い、ついで特徴抽出によって得られた二つの画像を対応させ、対応させた両画像に基づいて抽出点の水平角、鉛直角を算出するとともに幾何学的処理を行い、もって前記両テレビカメラで撮影した画像データから測定対象の三次元位置ないし形状を把握することを特徴とする三次元測定方法。

(2) 前記三角探査点網よりなる探索モデルによって特徴抽出処理を行うに当って、画素を5～1

0ずつ一定間隔で飛ばしながら走査するとともに、探査点間で一定の輝度差がある場合、2点を結ぶ線を探査線として抽出し、ついでその探査線上の1画素ずつを探索して段階的に画像輪郭部の特徴抽出処理を行うことを特徴とする請求項1記載の三次元測定方法。

(3) セオドライトとテレビカメラの双方の光軸が平行するようにして組み合わせたテレビカメラ付セオドライトの2台からなる画像入力手段と、前記画像入力手段からの画像情報を細かい画素に分解し、光電変換するとともに、ディジタル化する変換手段と、この変換手段からのデータをメモリーに入力し、入力されたメモリー上の前記画像データから画像輪郭部を抽出する探査点、探査線および探査面を形成する三角探査点網の探索モデルからなる特徴抽出手段と、この特徴抽出手段からの両画像データを対応し、対応した両画像と前記入力手段による測角データに基づいて、抽出点の水平角、鉛直角を算出するとともに、測定対象の三次元位置ないし形状を算出する演算手段と、

その結果を出力する画像出力手段とを備えた電算機からなる三次元測定装置。

(4) 前記三次元測定装置において、テレビカメラ付セオドライトは、1台のセオドライトの左右両側の上方位置に、セオドライトの視準線を中心として2台のテレビカメラを対称的に装備させたものであり、しかもその装備させた左右テレビカメラは水平軸まわりと垂直軸まわりに、それぞれ連動して回転操作できるように構成し、この左右テレビカメラで測定対象の同一中心点を撮影することができるようにした両眼式のテレビカメラ付セオドライトであることを特徴とする三次元測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、地形や建築構造物などの物体の位置ないし形状を三次元的に認識するための測定方法と、その装置に関するものである。

(従来技術と問題点)

従来、地形や物体の位置ないし形状を三次元

的に把握する手段としては、次のような方法が採用されている。

(1) 写真測量技術を利用したもので、いわゆる解析図化機による方法。

(2) 2台のテレビカメラを用い、測定対象を撮影するとともに、この双方のテレビカメラを結ぶ線を基線とし、被写体と両カメラとの形成する三角形から、いわゆる三角測量技術を応用して把握する方法、さらにはカメラで撮影した両画像データから測定対象を立体視処理するとともに、得られたデータを電算機に入力して、その測定対象の三次元的位置ないし形状を把握する方法などがそれである。

ところで、前者の写真測量技術を利用した解析図化機を用いての三次元的測定方法は、写真を図化機にかけて解析する方法であるため、結果を得るまでに、多大の人手と労力とを必要とし、コストが割高であるという大きな欠点があった。

後者の2台のテレビカメラによる画像情報を用いての測定方法は、前者による方法に比較し、電

算機による画像処理によるものであるため、きわめて効率的で精度の高い結果を把握することが可能である。

しかし画像情報をディジタル化して入力し処理するものであるため、その画像処理に非常に時間が掛かるという難点があった。とくに入力された画像データは、通常きわめて膨大な情報量をもって構成されているのが一般であるため、その膨大な情報量のある画像データを1画素ごとに処理する従来の画像処理によると、処理時間が非常に掛かるという難点があった。すなわちリアルタイムに結果を知ることができかねるという画像処理における共通の欠点があった。

このように従来の三次元的測定方法には一長一短があり、今後大規模土木建設工事や、建設機械等の無人化運転技術等の開発に対応する広域立体測量や、視覚センサとしての三次元的認識手段の開発に対処す意味からも、さらに改良された三次元的認識手段の開発が要請されているところである。

この発明は、このような背景を踏まえ、迅速にしかも精度の高い三次元的測定方法と、その装置を提供することを目的として開発したものである。特にその開発に当たっては、地形や物体の三次元位置ないし形状の把握手段とし、人間の眼による認識方法の原理にならって、まず対象物の輪郭部を大づかみに認識し、ついで輪郭部を細かい画素分解によって全体像を認識するという段階的な画像処理による認識方法をとったことにある。

また把握したデータのCADへの利用、さらには建設機械等の無人化を狙いとする視覚センサとしての利用等を可能とした測定方法と装置を提供することを目的として開発したものである。

(課題を解決するための手段)

前記目的を達成するため、この発明がとった手段の特徴とするとところは、測定対象となる地形ないし物体のほぼ中心点を、テレビカメラ付セオドライトの2台を用いて撮影し得られたそれぞれの画像情報をディジタル変換して電算機に入力し、入力したメモリー上の前記画像データを、探索点、

探査線および探査面からなる三角探査点網の探索モデルによって探索し、測定対象の画像輪郭部の特徴抽出を行い、それぞれ特徴抽出によって得られた二つの画像を対応し、対応した両画像に基づいて抽出点の水平角、鉛直角を算出するとともに、幾何学的処理を行い、もって前記両テレビカメラで撮影した画像とセオドライトにより計測した測距、測角のデータから測定対象の三次元位置ないし形状を把握するようにしたことにある。

とくに前記三角探査点網からなる探索モデルによる特徴抽出処理において、まず画素を5～10画素ずつの一定間隔で飛ばしながらランダムに走査するとともに、探査点間で一定の輝度差がある場合、2点を結ぶ線を探査線として抽出し、ついでその探査線上の1画素ずつを探索して画像輪郭部の特徴抽出を行うようにしたことにある。

さらに前記方法を実施するための三次元測定装置として、セオドライトとテレビカメラの双方の光軸が平行するようにして組み合わせたテレビカメラ付セオドライトの2台からなる画像入力手段

と、この双方の画像入力手段からの画像情報を、それぞれ細かい画素に分解し、光電変換するとともにディジタル化する変換手段と、この変換手段からのデータを入力したメモリー上の画像輪郭部を抽出する探査点、探査線および探査面を形成する三角探査点網の探索モデルからなる特徴抽出手段と、この特徴抽出手段からのそれぞれの画像データを対応させ、対応させた両画像に基づいて抽出点の水平角、鉛直角を算出するとともに、さらに測定対象の三次元位置ないし立体形状を算出する演算手段と、その結果を出力する画像出力手段とを備えた電算機からなる三次元測定装置に構成したことにある。

また、前記三次元測定装置におけるテレビカメラ付セオドライトを次のように構成したことにある。すなわち1台のセオドライトの左右両側の上方位置に、セオドライトの視準線を中心として左右に1台ずつ2台のテレビカメラを対称的に装備させ、かつその装備させた左右テレビカメラは、それぞれ水平軸まわりと鉛直軸まわりとに連動し

て回転操作できるように構成し、この左右テレビカメラで測定対象の同一中心点を撮影することが出来る複眼式のテレビカメラ付セオドライトに構成したことを特徴とするものである。

(作用)

本発明による三次元測定方法および装置は、以上説明したようにテレビカメラ付のセオドライトの2台によって、まず測定対象を撮影し、その撮影して得られた画像情報をディジタル化するとともに電算機に入力し、入力されたデータを三角探査点網からなる探索モデルを用いて段階的に特徴抽出するようにしたので、測定対象の三次元的位置ないし形状を迅速に、かつ効率的に把握することが可能である。

特に、前記したようにその画像の特徴抽出処理に際し、従来のように、画素を1つ1つ一定の順序で走査することなく、三角探査点網からなる探索モデルを用い、まず5～10画素ずつの一定間隔をもって飛ばし走査するとともに、すなわちランダムに走査するとともに、探査点間の輝度差を

算出し、この輝度差データに基づいて順に探査線、探査面を抽出して、段階的に画像輪郭部の抽出を行うようにしたので画像処理時間が短縮され、その結果、測定結果のリアルタイム化が可能となった。

(実施例)

さらに、この発明方法および装置を図面に示す実施例に基づいて具体的に説明する。

第1図は本発明方法をシステムとして示す概念図であり、第2図は建築構造物である家屋の三次元測定に、本発明方法を適用した場合のテレビカメラ付セオドライトの配置要領と画像処理のプロセスをブロック線図で示すものである。

まず、テレビカメラ付セオドライトAは、第1図で示すように、テレビカメラ1をセオドライト2の上方に設置するかたちで組み合わせ、テレビカメラ1の光軸とセオドライト2の視準線は平行関係にあるようにして設置構成している。

なお、テレビカメラ1としては、ビジコンタイプ、CCDタイプいずれにてもよいが好ましくは

CCDタイプである。セオドライトは、測距、測角が可能で、しかも結果をデジタル化して表示できる通称電子式セオドライトと呼ばれるものによって構成している。

テレビカメラ1による画像情報は、A/D変換装置3を介して電算機Cに入力するとともに、セオドライト2による測定データ（画像中心の水平角、鉛直角）は、デジタル化機能をもったセオドライトであるため直接前記電算機Cに入力されるように構成している。

次に第2図に示すブロック線図に基づいて画像処理のプロセスを説明する。まず左右のテレビカメラ付セオドライトAおよびAによって撮影された画像情報は、A/D変換装置3によってデジタル化され、電算機CのCPU（制御装置、演算装置、主記憶装置）4に入力され、メモリー上に細かい画素に分解されて記憶されるようになっていく。ついで画像の特徴抽出を行う三角探査点網からなる探索モデルを第3図に示す。図で示すように線と線が交叉する点を探査点11とし、探査

点11と探査点11を結ぶ線を探査線12としている。そして探査線12で囲まれる三角形の面をいわゆる探査面13とし、各探査点11…および探査線12…、探査面13…は、あらかじめ中心より渦巻状方向にコードナンバを付し、このコードナンバを用いて探査点11…間の輝度計算を行うプログラムが電算機Cに内蔵されている。

そこで、まず前記CPU4に入力されたメモリー上の画像データを、前記三角探査点網の探索モデルを用いて処理し、画像の輪郭部の抽出を行う。その際、まずメモリー上の画素を5～10ずつ一定間隔をもって飛ばして走査し、輝度差計算を行い、探査点11…間で、一定の輝度差がある場合、2点を結ぶ線、すなわち探査線12で抽出する。すなわち画像輪郭部を探査線12で大づかみに把握する。第4図はその探査線12で輪郭部を抽出した画像を例示するものである。

ついで、さらに探査線12上を1画素ずつ探索して抽出する。もちろん輪郭部分を三角形の面、すなわち探査面13…として抽出処理することも

可能である。第5図は、前記第4図の画像を前記したように画素単位をもって抽出して得た画像を示すものである。

以上、左右画像の輪郭部の抽出処理が終ると、次に、この左右画像を対応させ、立体化のための画像処理を行う。そして、この立体化された画像に基づいて三次元座標を算出する。第6図は、その三次元座標を算出するための原理を示すものである。なお図面上の表示としては説明の簡略化の意味で、片側の画像のみを示している。

まず基準点上に設置されたテレビカメラ付セオドライトAにおける水平角および鉛直角は、すでにセオドライト2によって計測され、デジタルデータとして前記CPU4に入力されている。

そこで、対応した左右画像の各測定点までの水平角、鉛直角を画像中心からの角度分に応じて補正して算出する。なお、水平角は国家座標を基準としているため、真北を基準とする方向角に変換する。そこで、左右2台のテレビカメラAおよびAの中心位置から測定点までの方向角を t_1 、 t_2

とし、鉛直角を a_1 、 a_2 とし、さらに各テレビカメラAおよびAの中心座標位置を (X_1, Y_1, Z_1) および (X_2, Y_2, Z_2) とすると、

求める測定点の三次元位置 (X, Y, Z) は次の式によって算出（幾何学的処理）することができる。

$$Y = \frac{Y_1 t_{2..t_1} - Y_2 t_{1..t_2} - (X_1 - X_2)}{t_{2..t_1} - t_{1..t_2}}$$

$$X = X_1 - (Y_1 - Y) t_{2..t_1}$$

$$= X_2 - (Y_2 - Y) t_{1..t_2}$$

$$Z = t_{2..a_1} \sqrt{(X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2 + Z_1^2}$$

$$= t_{1..a_2} \sqrt{(X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2 + Z_2^2}$$

すなわち上式によって測定点の三次元座標が算出され、その結果測定対象の三次元的位置ないし形状を把握することができる。

なお、前記画像処理によって得られた結果は、電算機Cの出力装置によって画像表示（CRT）ないし記録データとした出力され、適宜CAD等に利用することができる。

次に第7図および第8図に示すものは、テレビカメラ付セオドライトのもう1つの実施例を示すものである。これは第1図で示した1台のテレビカメラと1台のセオドライトとを組み合わせたテレビカメラ付セオドライトと異なり、図面で示すように1台のセオドライト1に、2台のテレビカメラ2および2を組み付け、測定対象の同一中心点を撮影することができるように構成したものである。すなわち両眼式のテレビカメラ付セオドライトに構成したものである。

そのため、左右のテレビカメラ2および2は、水平軸まわりと、垂直軸まわりに、それぞれ運動して回転操作できるように構成されている。すなわち、テレビカメラ2および2のそれぞれの光軸（撮影対象物に対するカメラの向き）を水平方向と鉛直方向とに運動して旋回操作可能に構成している。

具体的には、第7図の正面図で示すように、セオドライト1の上部に架台31を設置し、この架台31に水平状態に回転バーガイド32を取り付

けている。そして、この回転バーガイド32に回転バー33を左右両端を張り出したかたちで組み込み、その両端部にテレビカメラ2および2を対称的に2台装備させている。そして、その双方テレビカメラ2および2の光軸、すなわち向きを鉛直方向に調節するための手段とし、前記回転バーガイド32と回転バー33の中央部にステッピングモータM₁を組み込み、このステッピングモータM₁を回転操作することにより、回転バー33を介して、左右両端部のテレビカメラ2および2の光軸が運動して俯仰され、すなわちテレビカメラ2および2の鉛直方向の向きが運動して変換調節される構成としている。

さらにテレビカメラ2および2の水平方向の向きを調節する手段としては、同じく第7図で示すように、前記回転バー33の両端部に装備したテレビカメラ2および2のそれぞれ垂直軸に、前記同様ステッピングモータM₂、M₂を組み込み、このステッピングモータM₂、M₂を回転操作することにより、双方テレビカメラ2および2の光

軸が水平方向に旋回され、同一中心点方向に光軸を変換調節できる構成としている。すなわち左右テレビカメラ2および2を光軸を鉛直方向と水平方向に運動して変換操作できるように構成し、いわゆる両眼式テレビカメラに構成している。

以上のように、この両眼式テレビカメラ2および2を装備したセオドライトは、測定対象の同一中心点を撮影、測定でき比較的近距离の測定対象を三次元的に把握することができる。もちろん、この両眼式テレビカメラ付セオドライトによる情報も、前記電算機Cによる画像処理によって処理されるものである。したがって、この両眼式テレビカメラ付セオドライトと、小型電算機とを接続し、例えば建設機械などに装備させ、その出力をもって駆動装置をコントロールするように構成すると、無人操縦のための視覚センサーとして利用することが可能である。

(発明の効果)

この発明による三次元測定方法および装置は、以上説明したように2台のテレビカメラとセオド

ライトからなるいわゆるテレビカメラ付セオドライトを用いて、測定対象を撮影するとともに、水平角、鉛直角を計測し、その画像情報を電算機に入力させて画像処理し、測定対象を三次元的に認識するものであるため、きわめて正確な三次元的認識が可能である。

特にその画像処理を三角探査点網からなる探索モデルを用いて段階的に抽出処理するものであるため、従来の三次元測定方法ないし装置に比較し、下記のような効果が発揮される。

- (i) まず第1は、測定結果を迅速に把握することができる。すなわち、画像処理において、三角探査点網からなる探索モデルを用いて、まず5～10画素の一定画素おきに画像データを探索し、探査点を設定するとともに、まず探査線レベルで画像輪郭部を大づかみに探索するようにしたため、探索時間が著しく短縮される。

さらにこのことと関連し、この処理時点においては、測定対象の微細な形状部分は探索

対象から除外されているので、左右画像の対応化が迅速に行われ、前記効果とあいまって、測定結果を迅速に把握することができる。

- (2) 第2点は、測定対象の正確な三次元位置ないし形状の把握が可能である。

すなわち、前記探索線レベルで抽出した画像輪郭部の探索線上を、一画素ごとの探索により輪郭点として抽出し、抽出した輪郭点を幾何学的処理により画像座標で抽出するいわゆる2段階方式の抽出処理によるものであるため、レンズ画角による画像分解能では抽出が困難な複雑な形状や微小形状の対象も明確に把握することが可能である。

- (3) 第3は、測定の自動化が容易であり、汎用性に優れている。

まず測定結果をだすための画像処理(幾何学的処理)が電算機による処理であるため、自動計測システムとして構成することが容易である。

さらに測定データの取り込みが、2台のテ

レビカメラによる同時撮影に基づく画像情報で、すなわち瞬間的に測定対象を画像情報として捉えたものであるため、自然環境や測定対象の変化(動き)に支配されることがない。したがって、測定対象の範囲や用途が広く、汎用性に優れている。

さらに画像処理において、三角探索点網からなる探索モデルを用い段階的に画像抽出を行うものであるため、測定範囲全体より、まず部分の形状特性を出力して測量情報を得ることもできる。またその出力画面から順に全体の測量情報を得ることもできる。

なお三角探索点網からなる探索モデルそれ自体を拡大縮小自在にしておけば、前項に記載した効果は、さらに向上される。

- (4) 第4は、測定方法を実施するための装置機構が、従来のセオドライトにテレビカメラを組み付けるのみでよく簡単に構成することができる。しかもその組み付け機構は単純である。さらに画像処理を行う計算機としても小

型電算機で十分にカバーできる。すなわち測定装置として、単純であり低コストで汎用性の高い三次元測定装置として利用することが可能である。

4. 図面の簡単な説明

図面は、本発明方法と装置の実施例を示すものである。第1図は本発明方法をシステムとして示す概念図である。第2図は本発明方法の画像処理プロセスをブロック線図で示すものである。第3図は本発明における画像処理のプロセスで使用する三角探索点網からなる探索モデルを平面的に示すものである。第4図は探索線で輪郭部を抽出した画像を示し、第5図は第4図の画像をさらに画素単位で抽出表示したものである。第6図は画像処理プロセスにおける左右画像の対応と三次元座標の算出原理を示す概念図、第7図は他の実施例であるテレビカメラ付セオドライトの正面図、第8図は第7図の側面図である。

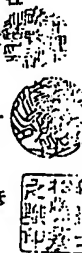
- 1…テレビカメラ、 2…セオドライト
3…A/D変換装置、 4…CPU

- 11…探索点、 12…探索線、
13…探索面、 C…電算機、
31…架台、 32…回転パーガイド、
33…回転バー、
M₁、M₂…ステッピングモータ、

特許出願人 大成建設株式会社
代理人 弁理士 磯野道造

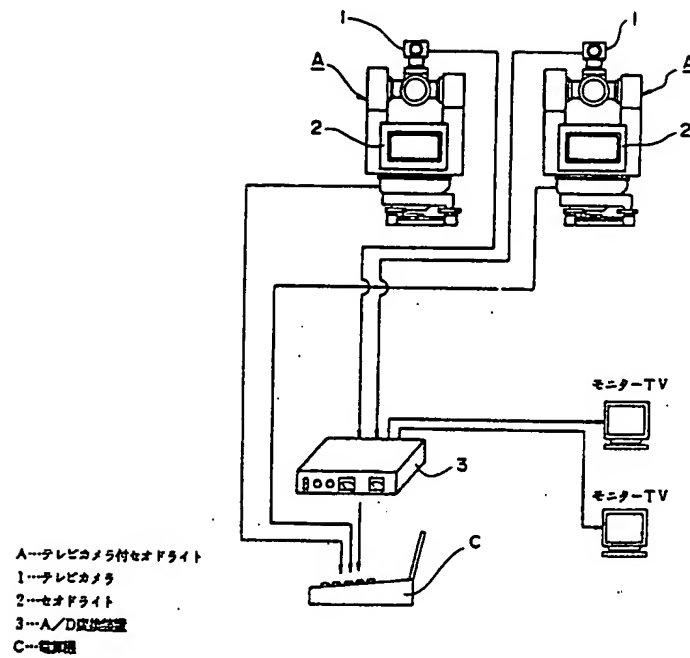
同 渡邊裕一

同 松原邦彦



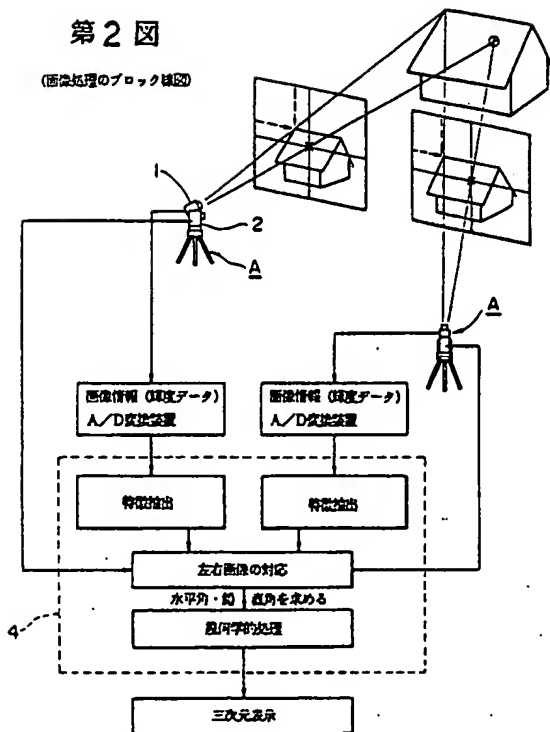
第1図

(三次元表示システム)



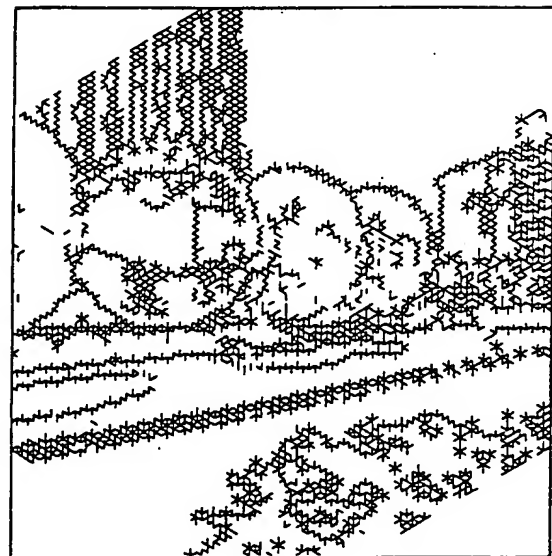
第2図

(画像処理のブロック図)



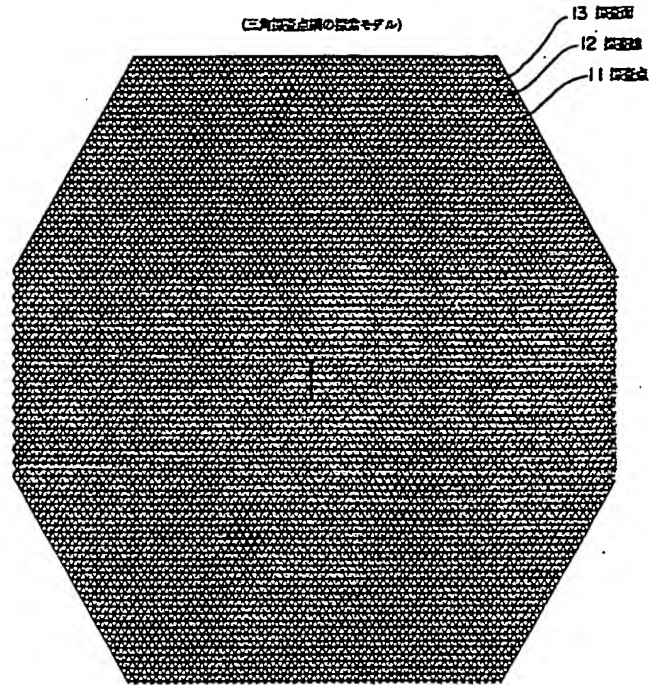
第4図

(画像処理を複数レベルで抽出した画像)



第3図

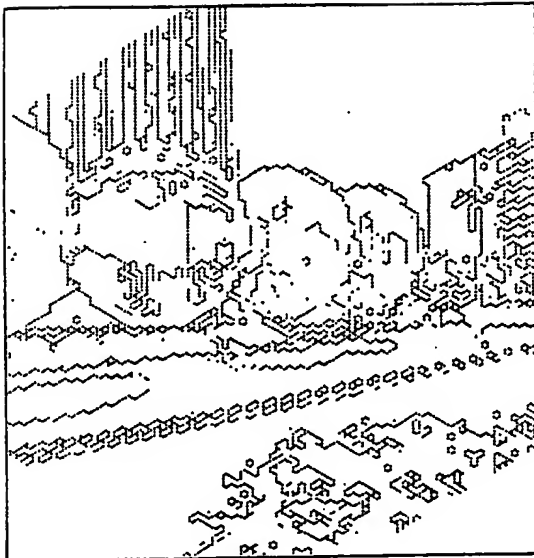
(三角測量点網の概念モデル)



(注) 各観測点、観測線、観測面に中心より
状にコードナンバーが付されている。

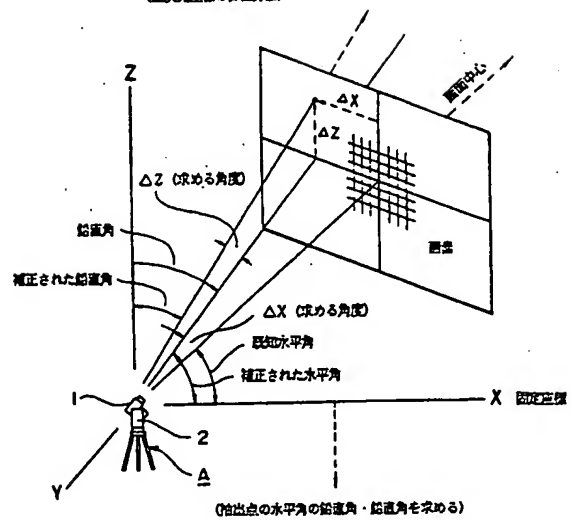
第5図

(画素単位で抽出した画像)

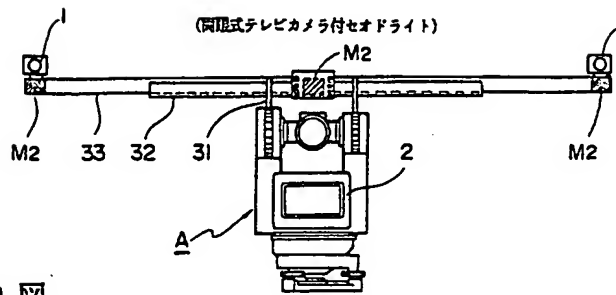


第6図

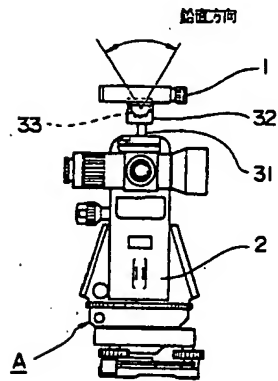
(三次元座標の算出方法)



第7図



第8図



- 1…テレビカメラ
- 2…セオドライト
- 31…架台
- 32…回転バー
- 3・3…回転バー
- M₁ M₂…ステッピングモータ
- A…テレビカメラ付セオドライト

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.